

Ivan A Petrinovic

Centro de Investigaciones en Ciencias
de la Tierra, UNC-Conicet

Supervolcanes y supererupciones

Supervolcanes y supererupciones

A partir de un programa de la BBC televisado en 2000 y denominado *Horizon*, se popularizó el término *supervolcanes* para denominar a volcanes de grandes dimensiones. La dimensión de un volcán se refiere a la magnitud de su erupción más significativa, que la volcanología clasifica por la energía que libera mediante un índice de explosividad volcánica (IEV, o VEI en inglés). El IEV menos explosivo (de magnitud 1 o menor) corresponde a una erupción leve, con lavas fluidas que emergen de conductos aislados o alineados, como algunos casos en Islandia o Hawaii. En el otro extremo, un IEV 8 corresponde a la erupción de un supervolcán que emite más de 1000km^3 de material en cuestión de horas. El término *supererupción* se usa desde la década de 1990 para denominar a erupciones que arrojan más de 450km^3 y corresponde a un IEV igual o superior a 7.

La génesis de los supervolcanes

La formación de un supervolcán está siempre asociada con el hundimiento de un sector de la corteza terrestre en un reservorio de magma de grandes dimensiones, a veces de hasta 50km de diámetro, ubicado a entre 3 y 7km de profundidad. El resultado es en cierta medida similar al movimiento de un pistón dentro de un cilindro en un motor a explosión. El hundimiento o colapso de la corteza incrementa la presión a que suele encontrarse el magma y hace que este resulte impulsado hacia la superficie por las fracturas o zonas de debilidad que encuentra en la corteza. Al alcanzar la superficie y hacer erupción, el reservorio de magma se despresuriza y puede vaciarse en pocas horas. Se sabe que ocurre una salida súbita del magma porque llegan a superficie fragmentos semiplásticos de la cámara rocosa que contiene el magma, compuestos en más del 90% por cristales (*crystal mushes*). Esto

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Qué son supervolcanes? ¿Qué consecuencias tienen las supererupciones? ¿Qué registros geológicos hay de estos procesos y de sus consecuencias?

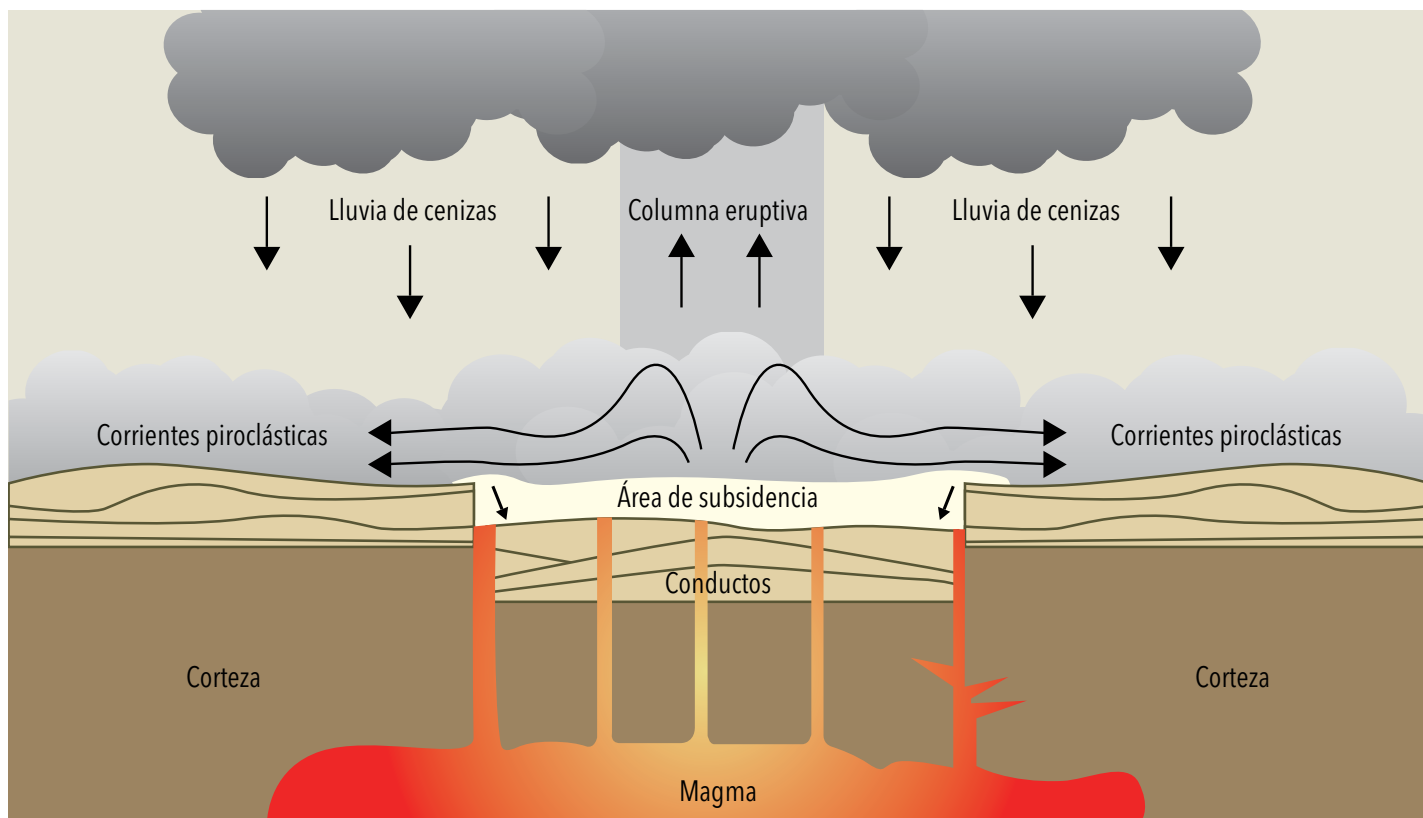


La magnitud de las erupciones volcánicas se mide según el índice de explosividad (IEV). La figura compara el volumen relativo de magma asociado con cada valor del IEV.

es indicación de que el vaciamiento del reservorio no fue paulatino, como ocurre en la mayoría de las erupciones volcánicas, sino casi instantáneo y total.

¿Cómo comienza una erupción de las características descritas? Es una pregunta que se hacen constantemente quienes estudian este tipo de volcanes, ya que no hay observaciones que describan los instantes iniciales del fenómeno. Por eso recurren al estudio geológico de los productos, rastros y señales que dejan, y procuran deducir de ellos los posibles escenarios iniciales. Así concluyeron que algunas erupciones pueden ser desencadenadas por incrementos en la actividad sísmica, sobre todo si la presión dentro de un reservorio, dada fundamentalmente por gases disueltos, se encuentra en desequilibrio con relación a la que ejerce sobre él la roca que lo contiene. En tales casos, la fracturación de esa roca provocada por el sismo permite la liberación súbita de presión por el escape del magma hacia la superficie. Otras erupciones, sin embargo, resultan de una concatenación más compleja de fenómenos.

El magma impelido a la superficie es una mezcla de partículas sólidas y gas. Si predominan las primeras, de suerte que la mezcla resulte más densa que la atmósfera, el material se derrama de inmediato y discurre como un fluido. Si la mezcla es menos densa que la atmósfera, el material expulsado puede formar una columna de hasta 40 km de altura que asciende a velocidades supersónicas en la atmósfera y se desplaza en sentido horizontal por efecto del viento. En el segundo caso, la supererupción puede modificar el clima en una escala global.



Esquema simplificado y sin escala de una caldera con la formación de corrientes piroclásticas y de una columna eruptiva.

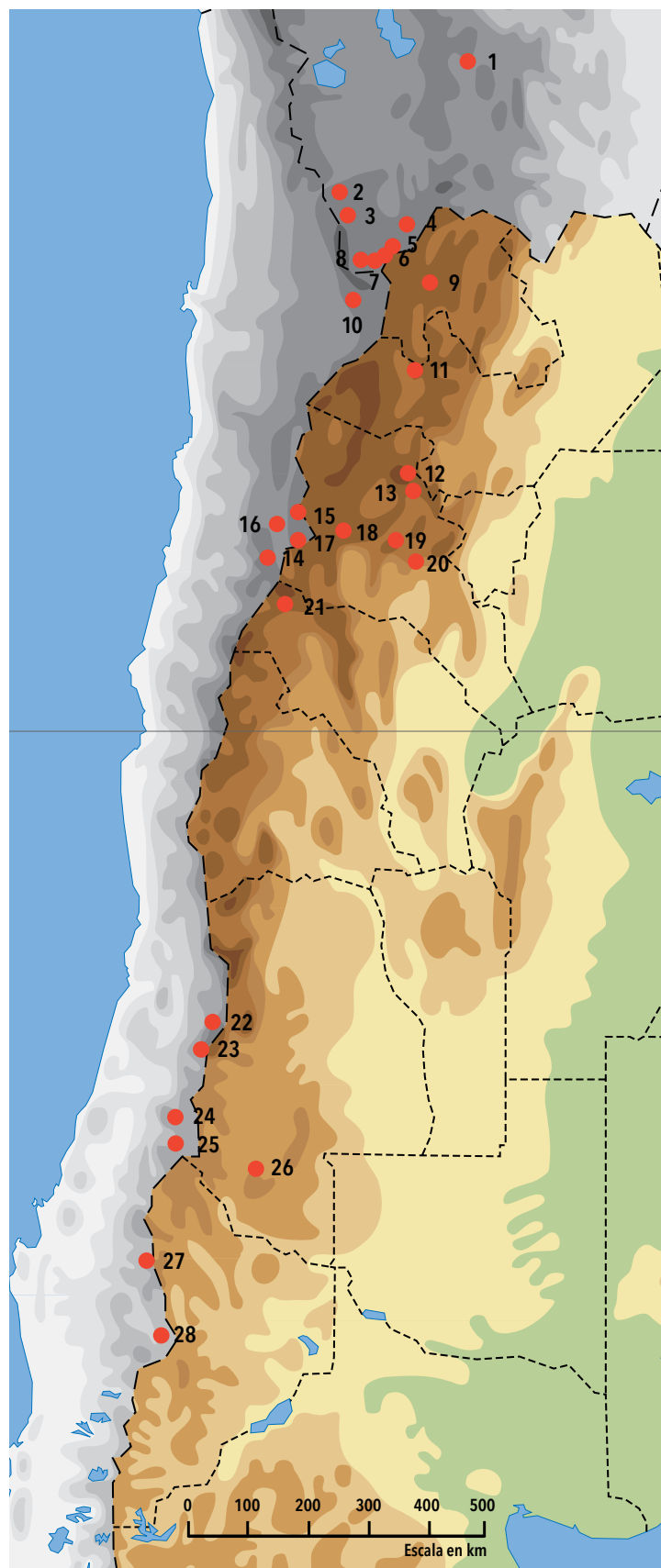
Hace unas décadas los especialistas pensaban que el magma alcanzaba la superficie por el perímetro del bloque de corteza hundido. Hoy saben que lo hace por cientos de fracturas del propio bloque, muchas de las cuales quedan sepultadas como consecuencia de la propia erupción. Al despresurizarse súbitamente, el magma que llega a la superficie en estado semifluido forma una espuma uniforme, como sucede con una botella de gaseosa que se agita y se destapa súbitamente. Los fragmentos sólidos de dicha espuma contienen burbujas que les confieren un aspecto *vesiculado*, es decir, esponjoso: la piedra pómez comercial tiene ese origen. Las corrientes de sólidos y gas así generadas que fluyen por la superficie terrestre, denominadas *corrientes piroclásticas*, alcanzan temperaturas de más de 300°C, pueden desplazarse a más de 500km por hora y cubrir a veces distancias de más de 100km.

El registro geológico y las consecuencias de las supererupciones

El resultado final de una supererupción es una cicatriz cuasicircular que delimita una depresión rellena con cientos o miles de metros cúbicos de depósitos de corrientes piroclásticas. Esa depresión recibe el nombre de *caldera de colapso* y suele superar los 10km de diámetro. Todos los supervolcanes producen calderas de colapso, pero no todas las calderas son consecuencia de supererupciones, aunque siempre son producto erupciones explosivas con vaciamiento rápido del reservorio magmático. Las calderas también pueden ser producto de vaciamientos recurrentes, cada uno de los cuales destruye los rastros del anterior, con la consiguiente dificultad de reconstruir lo sucedido en ciclos superpuestos.

Las corrientes piroclásticas, que recorren grandes distancias en breve tiempo, abrasan y destruyen todo lo que encuentran en su camino. Las ondas de choque de las explosiones asociadas con un supervolcán pueden devastar un amplio territorio y las cenizas expelidas a la atmósfera cubrir enormes extensiones.

Los 1000km³ de magma arrojados a la superficie en un lapso de horas por un supervolcán, a razón de 2200kg por metro cúbico, que es el peso medio del magma, pesarían unas 220.000 millones de toneladas, lo que significaría poco más de 300 toneladas de rocas volcánicas por cada uno de los 7000 millones de habitantes del planeta. Esos flujos piroclásticos pueden cubrir rápidamente miles de kilómetros cuadrados; si se producen columnas eruptivas que dispersen la ceniza en la atmósfera, la superficie afectada puede alcanzar escala continental.



Ubicación de calderas de colapso en los Andes. 1. Kari-kari; 2. Pastos Grandes; 3. Capina; 4. Panizos; 5. Cerro Guacha; 6. Vilama; 7. Coruto; 8. Pastos Chicos; 9. Coranzulí; 10. La Pacana; 11. Aguas Calientes; 12. Cerro Galán; 13. Luingo; 14. Maricunga; 15. Laguna Escondida; 16. Wheelwright; 17. Mulas Muertas; 18. Cerro Blanco; 19. Vicuña Pampa; 20. Farallón Negro; 21. Incapillo; 22. Diamante-Maipo; 23. Atuel; 24. Calabozos; 25. Maule; 26. Payún Matrú; 27. Cavihue o Agrio; 28. Pino Hachado.

Algunos ejemplos

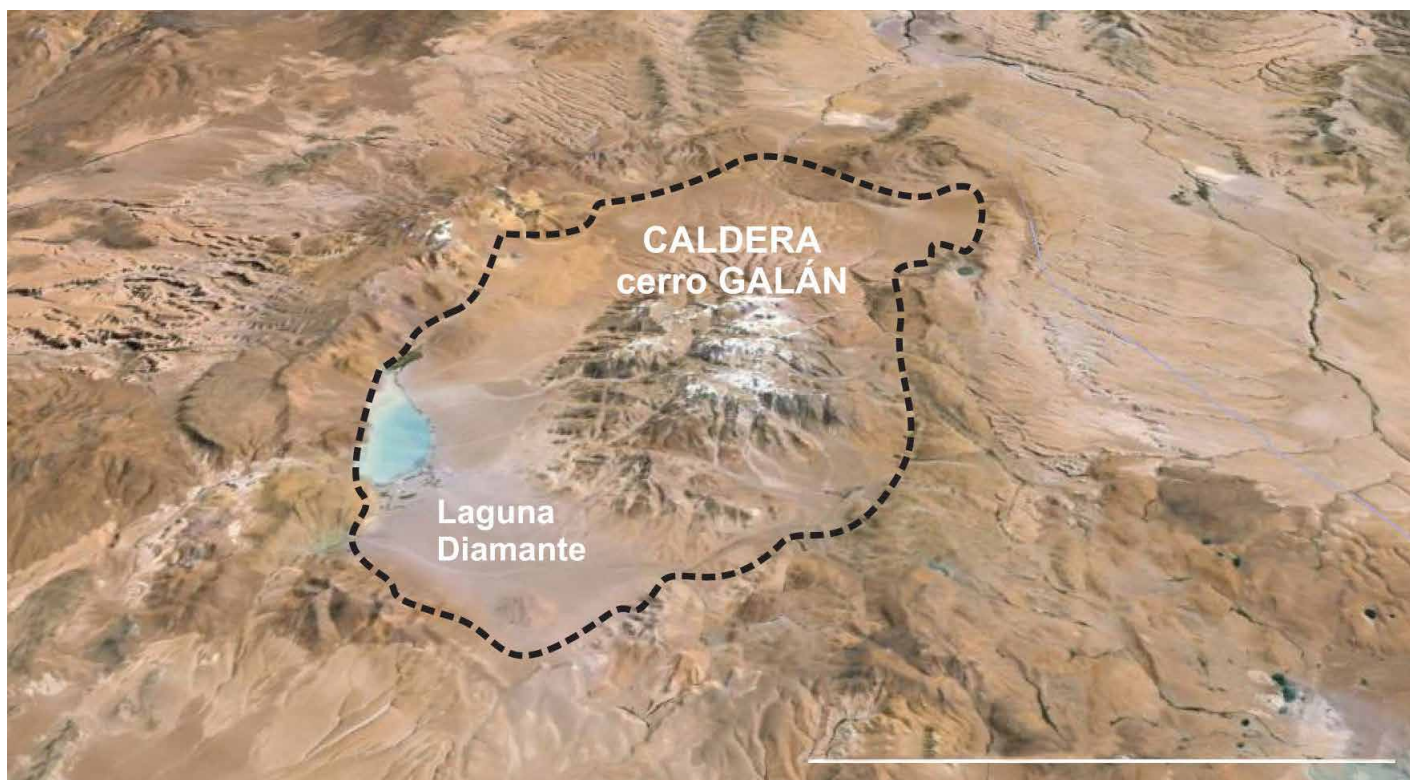
La información geológica obtenida estudiando numerosos supervolcanes extintos indica que casi nunca se trató de una única erupción, sino de varias sucesivas acaecidas en distintos momentos. En un artículo aparecido en 2004 en el *Journal of Volcanology*, citado como lectura sugerida, se registran 47 supervolcanes que hicieron erupción entre los 460 millones y los 25 mil años atrás. Pero hay otras que aún no fueron suficientemente estudiadas, que en los últimos 100.000 años habrían sido por lo menos ocho (Lago Atitlán en Guatemala; Monte Aso, Aira y Kikai Akahoya en Japón; Oruanui en Nueva Zelanda; Toba en Indonesia; Campi Flegrei en Italia; y Cerro Blanco en la Argentina), y posiblemente hubo más que aún no fueron advertidas. La discrepancia entre estos valores y la cantidad de supervolcanes no identificados indica que no es posible determinar las frecuencias de supererupciones, y que es necesario incrementar el estudio de estos fenómenos.

Entre las supererupciones que requieren más investigación se cuenta la **más reciente** conocida con un IEV de 8, que ocurrió hace 73.000 años cuando se formó la caldera del lago Toba, en Sumatra. Expulsó más de 2800km^3 de material volcánico fragmentado, el 23% del cual resultó eyectado a la atmósfera y habría generado una capa de cenizas de más de 750km^3 . Se estima que dicha capa de cenizas pudo ocasionar un invierno global de cinco años y que la erupción habría sido 30 veces superior a la del

monte Tambora, en Indonesia, acaecida en 1815 (IEV 7), que expulsó 160km^3 de magma a la atmósfera y causó un año sin verano en el hemisferio norte.

En la Argentina se han descubierto calderas de colapso en dos regiones con historias geológicas distintas: la puna o altiplano en el noroeste y los Andes norpatagónicos. En la primera hay registradas más de 20, producto de erupciones que arrojaron más de 7500km^3 de material volcánico. Las de Cerro Galán, La Pacana, Panizos y Vilama son supervolcanes y cada una tiene más de 20km de diámetro. Otras fueron producto de erupciones menores, si bien con IEV superiores a 6. Todas están relacionadas con la elevación de los Andes y datan de entre 13 millones y 2 millones de años atrás. Algunas, como Cerro Blanco, en Catamarca, fueron de menor envergadura y datan de unos 5000 años atrás. Se estima que resta reconocer por lo menos unas 20 calderas para explicar el volumen de rocas volcánicas encontrado en esa región de los Andes.

En los Andes centrales y norpatagónicos se reconocieron seis calderas de colapso con edades de entre 4 millones y 90.000 años. Son más pequeñas que las de la puna. Entre ellas se cuentan las de Diamante-Maipo, Atuel, Payún Matrú, Caviahue, Calabozos y Pino Hachado. Aún no se han estudiado en detalle, por lo que en estos momentos no se puede afirmar que no fueron el resultado de supererupciones, aun la de Caviahue, que aloja un volumen muy grande de material volcánico, posiblemente proveniente de varios episodios de colapso.




Caldera del cerro Galán (12 en la figura 3), originada por un supervolcán que eyectó 1000km^3 de magma en un solo episodio. La barra blanca inferior que da la escala representa 22km. Imagen satelital Google Earth



Borde sudoeste de la caldera de Caviahue, contigua al volcán Copahue, y nacimiento del río Lomín. Foto tomada el 15 de marzo de 2015.

Dadas las numerosas calderas de colapso conocidas y probables en la Argentina, se puede concluir que se requiere incrementar la investigación sobre el tema. Los interesados lo pueden hacer incorporándose a los grupos que trabajan en el Conicet, en el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) y en diversas universidades, los que interpretan información geológica de este tipo de volcanes. La experien-

cia mundial en materia de riesgo volcánico indica que los métodos modernos de investigación, que consideran indicadores como deformaciones, cambios en patrones químicos y otros datos indirectos, arrojan grandes volúmenes de datos, cuya interpretación es poco confiable si no se conoce acabadamente el objeto de estudio. Para ello es imprescindible reconstruir el pasado mediante el trabajo geológico. 

LECTURAS SUGERIDAS

BACHMAN O & BERGANTZ G, 2008, 'The magma reservoirs that feed supereruptions', *Elements*, 4: 17-21.

GEYER A & MARTÍ J, 2011, 'Collapse Caldera Data Base 2.2', <http://www.gvb-csic.es/CCDB/downloadsFRAM.htm>.

MASON BG et al., 2004, 'The size and frequency of the largest explosive eruptions on Earth', *Bulletin of Volcanology*, 66: 735-748.

MILLER C & WARK D, 2008, 'Supervolcanoes and their explosive supereruptions', *Elements* 4: 11-16.

SELF S, 2006, 'The effects and consequences of very large explosive volcanic eruptions', *Philosophical Transactions of the Royal Society*, A364: 2073-2097.



Iván A Petrinovic

Doctor en ciencias geológicas, Universidad Nacional de Salta. Investigador independiente del Conicet en el Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UNC-Conicet. ipetrinovic@efn.uncor.edu